

# LES ACTIVITES AGRICOLES ET LA POLLUTION DES EAUX SUR LE BASSIN VERSANT DU LAC DU BOURGET (SAVOIE) <sup>(1)</sup>

par M. COUTURIER <sup>(2)</sup>

I - Présentation géographique de la région.....	90
II - Activités agricoles et pollution.....	92
III - Diagnostic écologique - Synthèse cartographique.....	97
IV - Lutte contre la pollution : réalisations actuelles et solutions possibles....	98
Conclusion.....	101
Bibliographie.....	103

Résumé - Le lac du Bourget (Savoie) connaît actuellement une eutrophisation intense provoquée par les apports sans cesse croissants de matières nutritives dus aux activités humaines. Cet article traite plus particulièrement des activités agricoles et des substances fertilisantes qu'elles dispersent. Une étude des techniques agricoles (emploi d'engrais) et des techniques d'élevage bovin et porcin, permet de préciser les zones où une intervention s'impose et où il faut diminuer, si ce n'est éliminer, les charges polluantes.

Summary - The lake of Bourget in Savoie province is witnessing an intense eutrophisation provoked by the ever increasing addition of organic nutrients brought about by human activities. This article is particularly concerned with agricultural activities and the dispersion of fertilizers. A study of agricultural techniques (particularly the use of fertilizers) and livestock management both for cattle and pigs, will permit us to know exactly which zones are experiencing this intervention and where it will be necessary to diminish if not eliminate the pollutant load.

Zusammenfassung - Der Lac du Bourget (Savoie) erfährt gegenwärtig eine intensive Eutrophierung infolge des ständig steigenden Zustromes von Nährstoffen, der auf menschliche Tätigkeit zurückzuführen ist. Der Artikel behandelt im besonderen die landwirtschaftlichen Aktivitäten und die verwendeten Düngemittel. Eine Studie der landwirtschaftlichen Techniken (Verwendung von Düngemitteln) und der Methoden der Rinder- und Schweinezucht gestattet die Zonen zu präzisieren, wo ein Eingreifen angebracht erscheint und wo eine Verminderung, wenn nicht überhaupt Verhinderung des Schadstoffzuflusses notwendig ist.

Depuis les études faites par HUBAULT (1933-1942) et NISBET (1956-1965) la qualité des eaux du lac du Bourget n'a cessé de se dégrader. Les conclusions de LAURENT, pour la période 1969-1972, confirment ce fait:

- la transparence des eaux du lac, phénomène révélateur de sa dégradation, est passée de 5,6 m à 3,7 m. (8 m en 1934)
- la quantité d'oxygène dissous dans les eaux superficielles augmente - 12,94 mg/l - 19,82 mg/l, tandis qu'en profondeur l'oxygène ne se trouve qu'à l'état de traces (respiration, décomposition et minéralisation de la matière organique). Cet état de fait se trouve de plus aggravé par la rareté de l'overturn. Ce phénomène de basculement des eaux de surface et des eaux du fond en hiver, caractéristique des lacs alpins, ne se produit pas dans le lac du Bourget en raison du climat (l'eau de surface n'est jamais très froide et ne permet pas le brassage des eaux avec réoxygénation de celles du fond).
- les teneurs en azote minéral et en phosphore ne cessent de s'accroître, avec la présence très fréquente de nitrites et sels ammoniacaux (teneur moyenne annuelle en nitrates = 0,43 mg N/l - 0,63 mg N/L); (teneur moyenne en phosphore total = 65,2 µg P/l - 80,8 µg P/l). Ces chiffres traduisent l'état avancé d'eutrophisation du lac. Les Diatomées normalement présentes dans un lac oligotrophe, sont remplacées par des Cyanophycées et Chlorophycées. En ce qui concerne les poissons, les Cyprinidés (tanches, ablettes, gardons) remplacent les Salmonidés (truites, lavarets) qui ne s'accroissent pas de l'eutrophisation.

Les travaux de VOLLENWEIDER permettent de chiffrer plus précisément le degré d'eutrophisation du lac du Bourget et de classer celui-ci comme le plus eutrophe des grands lacs du monde. (fig.1) D'après cet auteur la charge spécifique critique se situe, dans le cas du Bourget, à près de 10 g/m<sup>2</sup>/an pour l'azote, 0,7 g/m<sup>2</sup>/an pour le phosphore. Or, des mesures effectuées dans les affluents du lac par un laboratoire d'Aix-les-Bains (Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts: Division Qualité des Eaux), traduisent un flux moyen annuel de 1800 t d'azote inorganique et plus de 300 t de phosphore

(1) Cette étude a été réalisée à la demande du Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts (section qualité des eaux) et a fait l'objet d'un contrat en 1975.

(2) Centre Universitaire de Savoie, Chambéry. BP 143. 73011 Chambéry.

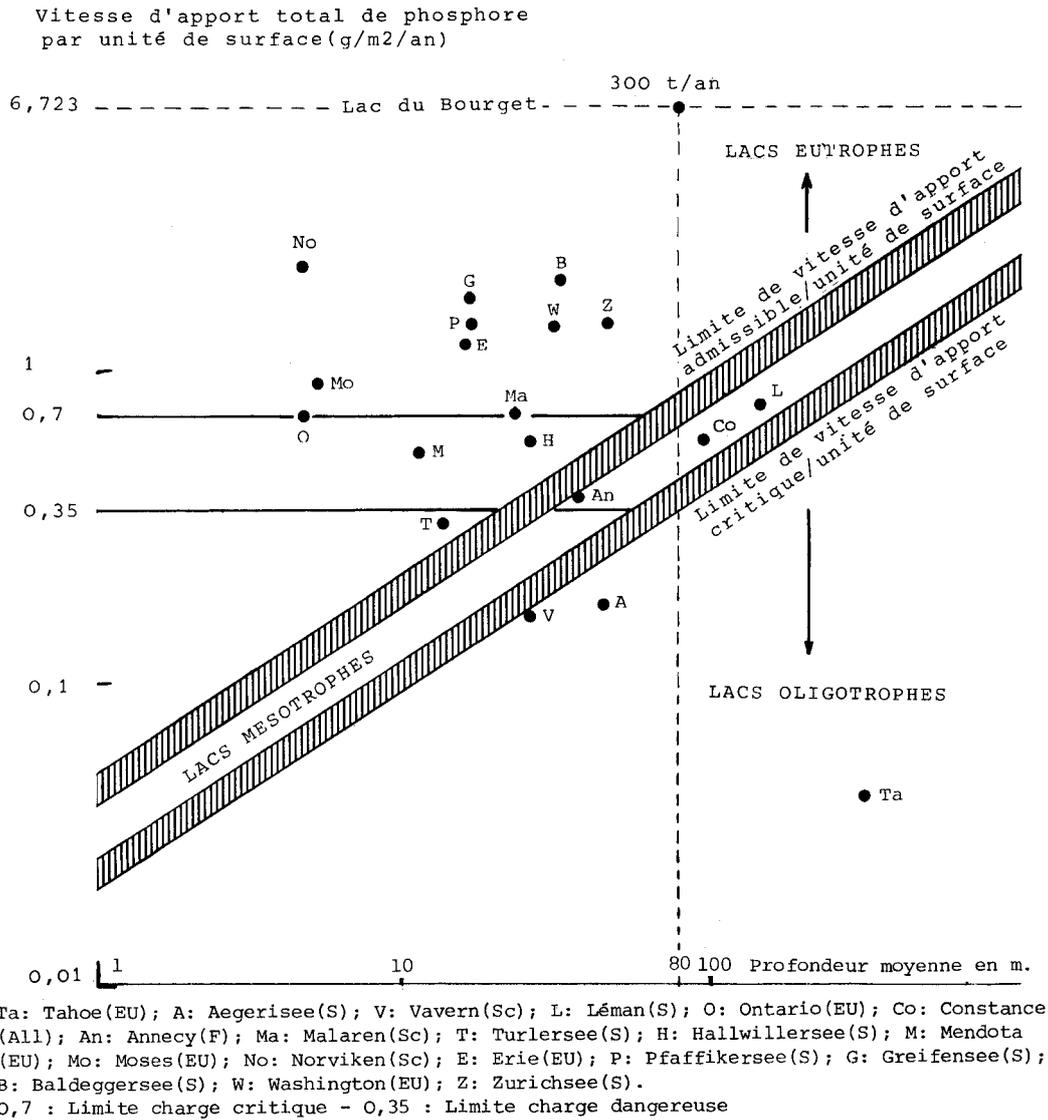


Fig.1 - Vitesse d'apport total de phosphore par unité de surface en fonction de la profondeur (d'après VOLLENWEIDER)

inorganique, soit respectivement des charges spécifiques de 40 g/m<sup>2</sup>/an et 7 g/m<sup>2</sup>/an, dépassant largement les valeurs critiques. Cette charge est drainée principalement par la Leysse et le Sierroz: respectivement 1 600 000 kg de N et P/an et 130 000 kg de N et P/an. Elle provient des principales agglomérations et de leurs activités propres, mais aussi des activités agricoles réparties sur l'ensemble du bassin versant. (70 000 kg de N et P/an dans le cas Leysse amont de Chambéry).

A la suite de ces résultats la recherche et la localisation des sources de pollution est apparue nécessaire, ainsi que le besoin d'une intervention écologique. Un travail de terrain précis, accompagné d'enquêtes, une recherche des relations facteurs du milieu-pollution, ont permis de réaliser un découpage en zones plus ou moins polluantes et de proposer des solutions pour limiter les rejets et préserver le lac.

## I. PRÉSENTATION GÉOGRAPHIQUE DE LA RÉGION

De situation Nord-Sud, le lac du Bourget est bordé à l'Ouest par les derniers chaînons du Jura: mont de la Charve et du Chat, montagne de l'Épine. La rive orientale est dominée par le mont de Corsuet et la Chambotte, tandis qu'au Nord et au Sud s'étendent deux vastes plaines: la Chautagne et la plaine de Chambéry.

## A-CARACTÉRISTIQUES DU LAC

Il s'agit de l'un des plus grands lacs alpins, avec 18 km de long, 44,6 km<sup>2</sup> de superficie et un volume de 3,62 km<sup>3</sup>. La profondeur moyenne est de l'ordre de 80 m, la fosse la plus profonde atteint 150 m. La vitesse de renouvellement des eaux est d'environ 8 ans et l'alimentation du lac se fait de deux façons : par le Rhône lors de ses crues et par les rivières du bassin versant.

## B-LE BASSIN VERSANT (fig.2)

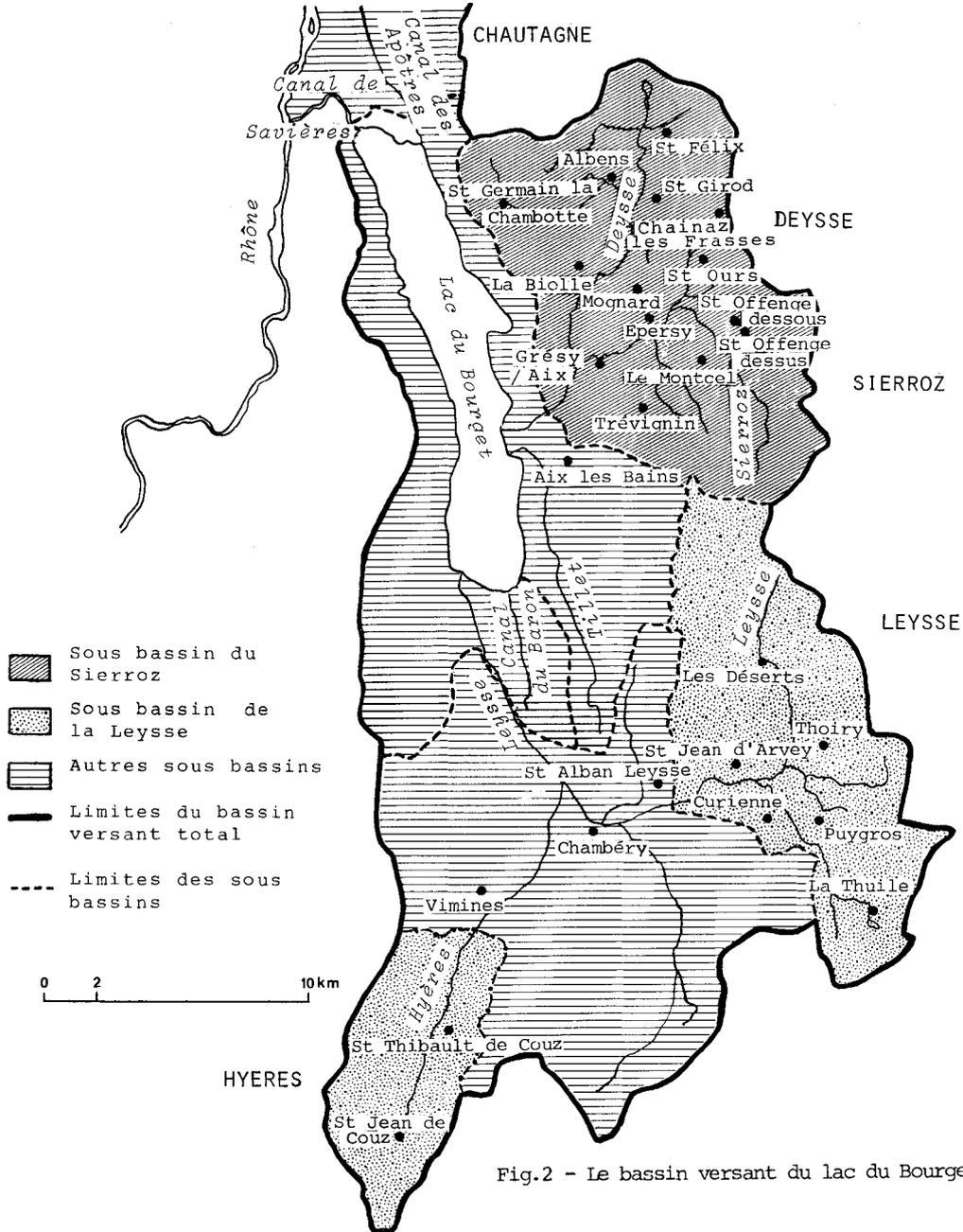


Fig.2 - Le bassin versant du lac du Bourget

D'une superficie totale de 550 km<sup>2</sup> le bassin versant se subdivise en trois sous-bassins principaux.

- le bassin de la Leysse au Sud : 280 km<sup>2</sup>.
- le bassin du Sierroz à l'Est : 136 km<sup>2</sup>.
- les marais de Chautagne au Nord : 57 km<sup>2</sup>.

A ceux-ci il faut ajouter des bassins secondaires comme celui du Tillet à l'Est (40 km<sup>2</sup>), le ruisseau de Terre Nue au Sud (5 km<sup>2</sup>). Les sous-bassins de la Leysse et du Sierroz étant ceux où l'occupation humaine et les activités agricoles et industrielles sont les plus importantes, c'est sur eux que l'attention a été portée. Chacun d'eux se divise en sous-bassins secondaires, dont les principales caractéristiques sont rassemblées dans le tableau I

TABLEAU I - Principales caractéristiques des sous-bassins étudiés

Bassins	Sous-bassins	Superficie	Roches-mères	Occupation humaine	Activités humaines	Pollution engendrée	
						flux annuel/kg	
LEYSSE	LEYSSE-AMONT de Chambéry	90 km <sup>2</sup>	Alluvions glaciaires Calcaires et marnes	2936 hab.	Elevage bovin Fruitières Agriculture Sylviculture	N 45000	P 2100
	HYERES	45 km <sup>2</sup>	Alluvions glaciaires Calcaires Molasses	1323 hab.	Elevage bovin Sylviculture Agriculture peu intense	18000	700
SIERROZ	DEYSSE	68 km <sup>2</sup>	Moraines argileuses Molasses Grès	4652 hab.	Elevage bovin Fruitières Fromageries Agriculture intense	77000	12500
	SIERROZ	53 km <sup>2</sup>	Terrains glaciaires argilo-calcaires	1445 hab.	Quelques cultures Fruitières Elevage bovin	24000	2500

Il faudrait compléter ce tableau par les données concernant la Leysse en aval de Chambéry et le Sierroz en aval d'Aix-les-Bains. En fait, nous nous sommes intéressés surtout à la charge pouvant résulter des activités agricoles et n'avons pas pris en considération les agglomérations et leurs activités industrielles. Signalons toutefois la part prépondérante de Chambéry (environ 80 000 hab.) dans la charge de la Leysse : 1 500 000 kg/an de charge totale, soit 90%. Le Sierroz draine une charge totale de 120 000 kg de N et P mais il ne traverse pas Aix-les-Bains (25 000 hab.) dont les rejets se chiffrent à 170 000 kg/an.

A la suite de ces résultats il apparaît indispensable pour les quatre sous-bassins cités dans le tableau I, de définir les sources de pollution, de les localiser et de les chiffrer. Les éléments fertilisants que sont les nitrates et les phosphates proviennent surtout des engrais, et des effluents d'élevage : c'est à l'écologiste d'intervenir en faisant une première analyse du terrain, débouchant sur la délimitation des différents facteurs du milieu qui favorisent la pollution.

## II. ACTIVITÉS AGRICOLES ET POLLUTION

Etroitement liés, élevage bovin et élevage porcin, caractérisent avant tout la région. L'élevage bovin est pratiqué pour la production laitière et la fabrication du fromage dont les résidus servent à l'alimentation des porcs. Associée à l'élevage, l'agriculture est importante et variée.

### A-LES CULTURES

L'observation et l'analyse de photographies aériennes nous ont permis dans un premier temps de définir les différents types d'utilisation du sol : zones boisées, zones de prairies et pâturages, zones de cultures, et de les reporter sur une carte au 1/20 000. Grâce aux enquêtes statistiques réalisées par la Direction Départementale de l'Agriculture de Savoie et surtout grâce à une reconnaissance sur le terrain nous avons pu caractériser les types de cultures. Ce document parcellaire étant établi pour toute la zone d'étude, et connaissant les besoins des cultures en engrais, nous pouvions dès lors évaluer qualitativement et quantitativement les sources de polluants.

#### 1 - Différents types de cultures

A vocation agricole dominante les sous-bassins n'ont toutefois pas tous les mêmes orientations : certains sont tournés plus particulièrement vers les cultures (sols propices, faible altitude, main-d'oeuvre facile), alors que d'autres pratiquent surtout l'élevage (zones plus élevées). C'est ainsi que les cultures dominent dans le bassin de la Deysse. Les exploitations sont grandes et les types de cultures variés : maïs, céréales (blé, orge), tabac, cultures fourragères, pommes de terre et betteraves, vigne. Les terres cultivées couvrent 1756 ha (soit 30% de la surface totale) contre

676 ha pour le Sierroz, 573 ha pour la Leysse amont, et seulement 49 ha pour l'Hyères, plus particulièrement voué à l'élevage.

Les cultures céréalières sont partout dominantes (essentiellement blé, orge et un peu d'avoine). La culture du blé se pratique dans les zones d'alluvions fluvio-glaciaires aux sols aérés et riches en eau, mais elle tend à régresser au profit du maïs dans les sous-bassins du Sierroz et de la Deysse. Dans ce dernier, trouvant des conditions de croissance favorables, le maïs couvre environ 150 ha. Pratiquée dans de faibles proportions la culture du tabac se remarque essentiellement le long de la Deysse, sur des sols riches en eau. Faible dans le bassin du Sierroz, cette culture devient totalement inexistante pour la Leysse amont et l'Hyères.

A cela il faut ajouter la culture de pommes de terre et betteraves, présente un peu partout au voisinage des habitations et un peu de vigne sur les versants calcaires exposés au Sud.

## 2 - Les engrais et leur utilisation

L'emploi d'engrais est indispensable, mais les épandages à contre temps ou à forte dose peuvent être préjudiciables pour les rivières et les lacs.

### a) Nature des engrais

Essentiellement à base d'azote (N), de phosphore (P) et de potassium (K), les engrais sont variés. Nous ne nous intéresserons pas à l'élément K car il est fortement retenu par le complexe absorbant du sol et ne subit donc pas de lessivage. Selon leur présentation les engrais se classent en deux catégories : les engrais simples, les engrais composés.

#### Engrais simples azotés

- ammoniacaux : sulfate d'ammoniaque, cyanamide de chaux, urée, ammoniac anhydre...
- nitriques : nitrate de chaux, nitrate de chaux et de magnésie, nitrate de soude du Chili.
- ammonitrates : nitrate d'ammoniaque et ammonitrates de concentration variée :  
22 - 27,5 - 33 à 34,5% de N.

#### Engrais simples phosphatés

- phosphates naturels
- scories de déphosphoration : (phosphates et phosphosilicates). Les scories constituent pour l'agriculture une source importante d'oligoéléments (Mn, Fe, Cu, Co) et conviennent à toutes les cultures.
- superphosphates : issus du traitement des phosphates naturels par l'acide sulfurique ou l'acide phosphorique.

#### Engrais composés à base d'azote et de phosphore

- phosphates d'ammoniaque
- nitrophosphates
- superammoniés

### b) Quantités d'éléments fertilisants utilisées

TABLEAU II - *Quantités d'engrais vendues pour l'ensemble Sierroz-Deysse-Leysse amont*

Engrais	Nature	Quantités en kgs
Azotés	Ammonitrate 33,5%	600 000
	Sulfate d'ammoniaque 21%	25 000
	Nitrate de chaux 15%	3 500
	Nitrate de soude 16%	3 500
Phosphatés	Scories Thomas 15%	200 000
	Scories potassiques 16/16	350 000
	Superphosphates 18%	85 000
	Supertriple 45%	3 500
Potassiques	Chlorure de potasse 61%	20 000
	Sulfate de potasse 50%	15 000
	Patentkali 25%	3 000
	Nitrate de potasse 18/46	2 000

Il est assez difficile de chiffrer précisément la quantité de substances fertilisantes utilisée. Les enquêtes faites auprès des cultivateurs ne fournissent que des indications trop variables d'un endroit à l'autre et souvent peu précises. Toutefois, grâce à un recensement des quantités d'engrais achetées dans les coopératives agricoles, nous pouvons donner les résultats suivants, (tabl.II) concernant les sous-bassins de la Leysse amont, de la Deysse, du Sierroz.

Les ammonitrates et les scories sont les engrais les plus employés. Les engrais potassiques sont peu importants : remplacés bien souvent par le fumier. Ces chiffres nous donnent une idée de l'usage d'éléments fertilisants sur la zone d'étude mais ils ne peuvent être utilisés comme tels. Chaque cultivateur utilise les engrais selon sa propre expérience et beaucoup emploient leur fumier, très riche en éléments minéraux.

Toutefois, en comparant les besoins théoriques de chaque culture (tabl.III) et les surfaces couvertes par chacune d'elles (calculées par planimétrie sur les cartes au 1/20 000) nous pouvons estimer les doses d'engrais employées par sous-bassin (tabl.IV).

TABLEAU III - Besoins théoriques des cultures en éléments fertilisants

Besoins en Cultures / kg/ha	Azote (N)	Phosphate (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Phosphore (P)	Potasse (K <sub>2</sub> O)	Potassium (K)
Maïs	150	150	45	150	68
Tabac	170	100	30	250	113
Blé	133	75	22,5	100	45
Orge et Avoine	99	43	13	80	36
Betteraves	135	52	16	250	113
Pommes de terre	150	56	17	250	113
Prairies pâturées	133	30	9	100	45
Prairies de fauche	108	49	15	200	90
Arbres fruitiers	100	25	7,5	200	90
Vigne	80	40	12	180	82

TABLEAU IV - Estimation en kg des doses d'engrais employées par sous-bassins

Sous-bassins Cultures	DEYSSE			SIERROZ			LEYSSE			HYERES		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Maïs	37 100	6 600	10 000	6 800	1 500	2 200	1 600	484	731	450	202	306
Céréales blé orge	43 000	7 100	17 000	12 300	1 500	3 600	5 600	847	2000	371	168	394
Tabac	4 700	855	3 200	54	9,6	36,2						
Totaux	84 800	14 500	30 200	19 150	3 010	5 840	7 200	1 300	2700	800	370	700

Les besoins en éléments N, P, K sont variables selon les cultures : maïs et tabac sont très exigeants en azote et en phosphore et il est à prévoir que ces éléments se retrouveront dans la Deysse .

Ces chiffres traduisent nettement l'importance des substances fertilisantes utilisées dans le sous-bassin de la Deysse, particulièrement en ce qui concerne l'azote dont les quantités sont largement supérieures à celles du phosphore et de la potasse. L'Hyères, région d'élevage n'est que peu touchée par les fertilisants. Les chiffres concernant la Leysse amont sont de moitié environ inférieurs à ceux du Sierroz : les cultures sont très souvent remplacées par des pâturages.

## B-L'ÉLEVAGE

Pratiqué depuis de nombreuses années en vue de la production laitière, il tient une grande place dans l'économie de la région. Le lait est transformé en Emmental dans de petites fromageries ou fruitières, (datant pour la plupart du début du siècle) dans lesquelles sont traités deux à trois milles litres de lait par jour et auxquelles sont annexées des porcheries (le lactosérum entre dans l'alimentation des porcs). Ces porcheries, assez nombreuses dans la région, contribuent par le rejet de leurs lisiers, ajouté à celui d'autres élevages, à enrichir les cours d'eau en fertilisants.

Des enquêtes menées dans les mairies de chaque commune et dans les fruitières ont permis d'établir le total des effectifs bovins et porcins, et de préciser le mode de rejet des eaux usées (tabl.V).

C'est dans le sous-bassin de la Deysse que l'élevage est le plus important. Avec 3200 bovins cette zone dépasse largement le Sierroz (2300 bêtes) quant à l'Hyères l'effectif est faible car le sous-bassin n'est pas très grand et les habitants peu nombreux. Ces chiffres correspondent au total par commune : il faut préciser que souvent, et surtout dans le cas de la Deysse, il s'agit d'assez gros élevages de plus de 40 bêtes (localisés au 1/20 000). Les rejets sont difficilement chiffrables, d'autant qu'une grande partie n'atteint pas les cours d'eau. Sachant qu'un bovin produit une charge de 110 g DBO<sub>5</sub>/j (\*) nous pouvons préciser la charge globale :

-Deysse 324 kg, Sierroz 210,4 kg, Leysse 121 kg, Hyères 72,3 kg.

Dans le cas des porcs la charge est plus élevée : 125 g DBO<sub>5</sub>/j, et nous totalisons les charges suivantes :

-Deysse 453,75 kg, Sierroz 137,5 kg, Leysse 62,5 kg.

Le sous-bassin de la Deysse dont les effectifs en porcs sont importants possède un certain nombre de fruitières. Par contre, sur les sept communes du sous-bassin de la Leysse, deux seulement disposent d'une fruitière.

La plupart de ces établissements rejettent leurs lisiers dans les "nants" les plus proches, quelquefois ils les évacuent dans les prairies, les peupleraies où ils sont recyclés avant d'at-

(\*) La pollution d'un effluent se définit en valeur de DBO<sub>5</sub>, c'est à dire en quantité de O<sub>2</sub> (en mg/l) dépensée par les bactéries pour réaliser la destruction des composés non azotés de l'effluent, pendant les 5 premiers jours après le rejet.

teindre les rivières. C'est le cas de la plupart des fruitières du Sierroz où les rejets se font dans des prés, des marais, ou des puits perdus. Au contraire les fruitières de la Deysse rejettent pratiquement toutes dans les ruisseaux voisins et leurs effets se retrouvent dans la Deysse. Seules les fruitières d'Albens et St Félix (d'ailleurs les plus importantes) sont raccordées aux stations d'épuration.

TABLEAU V - Total des effectifs bovins et porcins dans chaque sous-bassin

Sous-bassins	Communes	Bovins	Porcs	
			Nbre par fruitière	Écoulement des lisiers
SIERROZ	Le Montcel	670	150	Puits perdu
	St Offenge dessous	596	200	Marais
	St Offenge dessus	351	150	Champ d'épandage
	St Ours	445	300	Prés et Nant du Chêne
	Trévignin	290	300	Prés
	Epersy	156		
		2298	1100	
DEYSSE	Albens	875	500	Stations d'épuration
	Futenay		580	Ruisseau
	La Biolle	756	500	Deysse
	La Villette		400	Albenche
	Chainaz les Frasses	217	200	Prés
	Mognard	230	450	Nant de Risselare
	St Félix	426	600	Station d'épuration
	St Germain la Chambotte	475	400	Albenche
	St Girod	241		
		3200	3630	
LEYSSE	Puygros	423	300	Prés
	Thoiry	464	200	Fosse septique
	Curienne	58		
	Les Déserts	241		
	St Alban Leysse	13		
	St Jean d'Arvey	52		
La Thuile	348			
		1601	500	
HYERES	St Jean de Couz	59		
	St Thibaud de Couz	486		
	Vimines	112		
		657	0	

L'élevage pratiqué dans la région est essentiellement celui des bovins et des porcs. Mais signalons toutefois, dans le sous-bassin du Sierroz, 5000 lapins, des élevages de veaux (250 environ) et une centaine de moutons dans le sous-bassin de la Leysse.

### C-BILAN DES ACTIVITÉS AGRICOLES

Le tableau VI donne le bilan des apports en éléments fertilisants de chaque sous-bassin.

Apports dûs aux :	DEYSSE	SIERROZ	LEYSSE	HYERES
(*) Habitants (kg DB05/j)	251,2	158,4	78	48,2
Bovins (kg DB05/j)	324	210,4	121	72,3
Porcs (kg DB05/j)	453,8	137,5	52,5	0
N tonnes	80	11,5	8,2	0,8
Engrais    P tonnes	53	11,5	4,4	0,6

(\*) 1 habitant = 54 g DB05/j

TABLEAU VI -  
Bilan des apports

Ce tableau met nettement en évidence l'importance de la charge déversée quotidiennement à la Deysse, très supérieure à celle que connaissent les autres rivières. Ceci confirme les résultats d'analyses d'eau faites par le CTGREF (tabl.VII). En suivant le cours de chacune de ces rivières nous pouvons suivre l'augmentation progressive de la charge.

#### 1 - Le Sierroz

##### a) La Deysse

De l'azote a été décelé dès la source : 0,12 mg/l dans l'étang de Crosagny, dus à la présence toute proche de cultures.

TABLEAU VII - Mesures par rivière de la charge spécifique et du flux de différents éléments (résultats du C.T.G.R.E.F.)

		Flux annuel moyen en kg	Flux journalier moyen en kg	Charge spécifique rapportée au m <sup>2</sup> du BV g/m <sup>2</sup> /an	Charge spécifique rapportée au m <sup>2</sup> du lac g/m <sup>2</sup> /an
DEYSSE	N ammoniacal	20 110	35,096	0,295	0,451
	N nitreux	1 758	4,817	0,026	0,040
	N nitrique	54 894	150,395	0,805	1,230
	N inorganique total	76 762	210,308	1,126	1,721
	P soluble	10 847	29,717	0,159	0,243
	P hydrolysable	1 687	4,622	0,025	0,038
	P total par défaut	12 534	34,339	0,184	0,281
SIERROZ	N ammoniacal	5 091	13,048	0,096	0,114
	N nitreux	391	1,071	0,007	0,009
	N nitrique	18 403	50,499	0,347	0,412
	N inorganique total	23 885	65,438	0,450	0,535
	P soluble	1 931	5,290	0,036	0,043
	P hydrolysable	528	1,447	0,090	0,012
	P total par défaut	2 459	6,737	0,046	0,055
HYÈRES	N ammoniacal	3 530	9,669	0,078	0,079
	N nitreux				
	N nitrique	14 576	39,934	0,230	0,327
	N inorganique total	18 106	49,603	0,398	0,406
	P soluble	560	1,535	0,012	0,013
	P hydrolysable	166	0,455	0,004	0,004
	P total par défaut	726	1,990	0,016	0,017
LEYSSE AMONT	N ammoniacal	18 140	49,699	0,201	0,406
	N nitreux	87	0,238	0,001	0,002
	N nitrique	27 677	75,827	0,307	0,620
	N inorganique total	45 904	123,764	0,509	1,028
	P soluble	1 582	4,332	0,017	0,035
	P hydrolysable	530	1,452	0,006	0,012
	P total par défaut	2 112	5,784	0,023	0,047

Le ruisseau de Pégis traverse une zone cultivée mais surtout draine, par le ruisseau du Pontet les eaux usées d'une partie de la commune de St Félix (quelques ménages non raccordés à la station, la fromagerie Finas), de grosses fermes (hameau de la Mercy par exemple).

Au niveau du rejet de la station d'épuration de St Félix, la Deysse se charge en fertilisants du fait des nombreux apports de cette agglomération (1200 habitants, fromageries, porcherie: 600 porcs), qui ne subissent pas de traitement convenable pour éliminer nitrates et phosphates.

Le même phénomène se passe au niveau d'Albens, petite ville de 1660 habitants, avec 2 porcheries de 500 et 580 porcs et d'importants élevages bovins.

L'Albenche, dont le cours est assez long, traverse une grande zone de cultures et d'élevage, et reçoit les lisiers de plusieurs fruitières. A son niveau le nant de Gorsy qui traverse la commune de St Girod très cultivée est également chargé en fertilisants.

Il apparait ainsi que les communes de St Félix et Albens sont les principales responsables de la pollution de la Deysse. L'essentiel de la charge en phosphore provient de sources ponctuelles de pollution qu'il faudra contrôler. Quant à la charge en azote elle est d'origine ponctuelle (agglomérations, élevages et industries agricoles : N ammoniacal) et d'origine diffuse (sédiment : nitrates).

#### b) Le Sierroz

Moins importante que dans le cas précédent la charge provient essentiellement de quelques fruitières situées le long de la rivière. Avec 3 ou 4 fois moins de N, 5 fois moins de P, ce sous-bassin connaît une pollution diffuse, plus que ponctuelle, surtout pour le phosphore. La perte spécifique du sol (ou perte naturelle diffuse de fertilisants) y est très faible : 0,45 g/m<sup>2</sup>/an en N, 0,046 g/m<sup>2</sup>/an en P, ce qui traduit une faible utilisation d'engrais. La charge du Sierroz représentée entre le 1/4 et le 1/3 de la charge de la Deysse pour le N ammoniacal et le N nitrique, quant au phosphore soluble les résultats révèlent que la Deysse intervient pour plus de 70% dans la pollution totale du Sierroz. Celui-ci draine quotidiennement au lac près de 50 kg de P total. Actuellement la charge spécifique rapportée au lac (c'est à dire le flux annuel rapporté à l'unité de surface du lac) est de 0,406 g/m<sup>2</sup>/an, comprise entre la charge admissible : 0,35 et celle critique 0,70.

#### 2 - La Leysse

Pour l'Hyères, la pollution est faible et d'origine diffuse. La charge en phosphore est faible: 2 kg/j. Sur cette zone les sources ponctuelles sont représentées par des habitations isolées ; l'essentiel de la charge provient du sol.

Pour la Leysse, la charge en N d'origine diffuse est, également, prépondérante. Le flux annuel moyen de l'Hyères et de la Leysse amont en N inorganique s'élève à près de 64 t, soit une charge spécifique rapportée au lac de 1,43 g/m<sup>2</sup>/an (28,7% de la charge admissible ; 14,3% de la charge critique).

### III. DIAGNOSTIC ÉCOLOGIQUE - SYNTHÈSE CARTOGRAPHIQUE

Le bilan des diverses activités agricoles du bassin versant est intéressant en ce sens qu'il nous permet une estimation chiffrée de la pollution engendrée par ces activités. Mais il est indispensable de rechercher qu'elles sont les relations existant entre les facteurs du milieu et la pollution en vue d'établir un diagnostic écologique, et de réaliser ensuite un document synthétique où seront délimitées les zones de pollution.

#### A-DIAGNOSTIC ÉCOLOGIQUE

Les facteurs du milieu ayant un rapport direct avec la pollution sont le sol et le climat, et plus particulièrement la pluviosité.

##### 1 - Les sols

L'examen de la carte géologique au 1/50 000 montre la dominance de terrains alluviaux, glaciaires et de molasses, pour les zones cultivées. Les zones boisées, à plus haute altitude, correspondent à des terrains calcaires, pierreux et ingrats, donnant des éboulis qui, en s'émiettant lentement, évoluent vers un sol argilo-siliceux assez peu fertile. Entre les chaînons calcaires Ouest et Est s'étend la zone molassique, formée d'alluvions glaciaires et de molasses (ensemble qui se retrouve dans les sous-bassins de l'Hyères et de la Leysse). Alluvions glaciaires et moraines constituent le fond de chaque sous-bassin, fournissant des sols fertiles, limoneux, argilo-sableux.

##### a) Mobilité des différents éléments

Les éléments N, P, K, diffèrent par leur mobilité dans le sol.

**L'AZOTE** : très soluble, mobile, a tendance à être entraîné en profondeur. Les engrais ammoniacaux sont retenus par le complexe absorbant du sol (fixation de l'ion ammonium), mais sont très rapidement transformés en nitrites puis en nitrates. Ils ont un effet prolongé et sont utilisés au moment du semis ou de la plantation. Les nitrites et nitrates ne sont pas retenus par le complexe absorbant et risquent, de ce fait, d'être entraînés en profondeur. Les ammonitrates sont plus employés : ils allient les avantages des deux azotes : rapidité et durée d'action, mais aussi leurs inconvénients : mobilité de l'ion nitrique.

**LE PHOSPHORE** : L'acide phosphorique est rapidement absorbé par les jeunes plantes. Les phosphates solubles comme le phosphate d'ammoniaque ou le superphosphate s'insolubilisent très rapidement dans le sol où ils se transforment en phosphates calciques ou complexes ferriques. Les scories libèrent plus ou moins facilement leur élément phosphoré selon la finesse de leur mouture

**LA POTASSE** : cet élément est fortement fixé par le complexe absorbant du sol et les déperditions par les eaux de drainage sont estimées, selon DEMOLON, à 10 - 15 kg/ha/an pour une terre cultivée.

##### b) L'Azote du sol

Il existe sous trois formes : organique, ammoniacale, nitrique.

**ORGANIQUE** : stocké sous forme d'humus (5% de N) l'azote est minéralisé progressivement sous l'action de la flore microbienne, jusqu'au stade de l'azote nitrique. La teneur en N total peut varier de 0,1 à 5% mais oscille le plus souvent autour de 1%. Il est admis que chaque année 1 à 2% des réserves de N organique passent à l'état nitrique disponible pour la plante, ce rapport dépendant de l'aptitude du sol à la minéralisation.  
Exemple : un sol dosant 2% d'humus, soit 1% de N organique, contient sur 30 cm d'épaisseur environ 4000 kg de N organique. S'il minéralise au taux de 1 - 1,5 ou 2% cela correspond à la libération de 40 - 50 ou 80 kg de N nitrique/an.

**AMMONIACALE** : soluble dans l'eau, bien retenue par le pouvoir absorbant du sol.

**NITRIQUE** : forme sous laquelle la plus grande partie de l'azote est absorbée par la plante. On en trouve 200 à 300 kg/ha selon la saison. Très soluble dans l'eau, non retenu par le pouvoir absorbant, il descend dans le sol à une vitesse dépendant de la structure physique du sol et de l'importance des chutes de pluie.

##### 2 - La pluviosité

Ce n'est pas tant l'intensité des précipitations qui a une relation avec la pollution que la période à laquelle elles sont les plus abondantes, et la forme sous laquelle elles tombent. Le dépouillement de données climatiques a permis de dresser un tableau des précipitations pour un certain nombre de stations (tabl.VIII).

TABLEAU VIII - Données pluviométriques pour la période 1934-1950

Stations	D	J	F	H	M	A	M	P	J	J	A	E	S	O	N	A
St Thibaud de Couz	122	125	120	367	85	118	142	345	154	92	121	367	123	107	150	380
Yenne	101	107	93	301	69	91	110	270	106	74	102	282	110	91	120	321
Alby/Chéran	91	93	84	268	81	95	107	283	115	96	125	346	127	105	106	338
Albens	104	68	79	251	91	95	104	290	104	94	111	309	109	137	107	353
Rumilly	92	100	91	283	60	65	90	215	113	67	116	296	113	88	113	314
Chambéry	105	117	101	323	66	85	96	247	120	98	111	329	124	85	131	340
Annecy	102	105	98	303	68	84	103	255	127	91	105	323	126	82	130	338
St Offenge dessous	103	103	96	302	78	94	121	293	135	98	112	345	125	90	126	341
Aillon le Jeune	159	163	139	461	93	113	121	327	147	113	131	391	124	114	207	445
Les Déserts	160	152	152	464	94	110	123	327	152	103	135	390	128	105	177	410

L'automne est la saison la plus arrosée pour la plupart des stations avec un maximum en novembre, alors que le printemps est en général peu pluvieux. Sachant que l'épandage d'engrais surtout azoté se fait durant les mois de mars, avril, mai pour les céréales, le maïs et les pommes de terre, il n'y a pas ou peu de risques de lessivage, donc pas de pertes importantes en fertilisants.

## B-SYNTÈSE CARTOGRAPHIQUE

La première étape de la cartographie a été la réalisation de maquettes au 1/20 000 matérialisant l'occupation des sols des différents sous-bassins. Sur ces cartes figurent les cultures, les zones de pâturages, les prairies de fauche, les marais, les landes et friches, les bois. Un document synthétique au 1/75 000 permet de visualiser rapidement les endroits où les menaces de pollution sont les plus sérieuses. Des zones homœcologiques ont été définies : zones de même réponse par rapport au facteur pollution. Ainsi les endroits où les cultures sont importantes ont été représentés par un même figuré. Ce sont ces zones qui, de par leur utilisation agricole, présentent les risques les plus sérieux de pollution (fortes quantités d'engrais sur des sols filtrants). L'association cultures-élevage caractérise une seconde zone. Les cultures sont éparées, moins abondantes ; les risques de pollution sont moins grands : quantités d'engrais plus faibles et recyclage dans le sol d'une petite partie des rejets des bovins. Une dernière zone rassemble les bois et forêts. Seules des pertes naturelles sont à envisager, difficilement chiffrables mais peu importantes. Pour compléter cette carte nous y avons fait figurer les effectifs bovin et porcin pour chaque commune, ainsi que les fruitières. Des points représentent les habitations, caractérisées dans la région par une grande dispersion.

Des quatre sous-bassins étudiés il ressort que celui de la Deysse est le plus touché par les risques de pollution car les activités agricoles y sont très intenses. Il faut donc pour cette zone envisager une intervention prioritaire et proposer des solutions afin de limiter les rejets de substances fertilisantes dans la Deysse ce qui réduirait, par voie de conséquence, l'eutrophisation du lac.

## IV.- LUTTE CONTRE LA POLLUTION : RÉALISATIONS ACTUELLES ET SOLUTIONS POSSIBLES

### A-RÉALISATIONS ACTUELLES

#### 1 - Stations d'épuration d'Albens et St Félix

Albens, agglomération de 1660 habitants possède une petite station raccordée à un réseau unitaire sur lequel sont branchés environ 800 habitants et une des deux porcheries (500 porcs). La station traite environ 200 m<sup>3</sup> par jour (traitement primaire uniquement) et des prélèvements, effectués sur l'eau passant par le déversoir d'orages et sur l'eau traitée révèlent une charge journalière de P total de 1,5 kg, soit 4,4% de la charge journalière par la Deysse au lac.

A St Félix, la station d'épuration qui fonctionne depuis le 10 février 1974 rejette ses eaux usées dans la Deysse. Environ 50 à 80 ménages y sont raccordés, ainsi que la porcherie (600 porcs) et une des fromageries (Picon). La station traite 300 à 400 m<sup>3</sup> par jour. Elle déverse journalièrement dans la Deysse 9,3 kg de P total et 5 kg de N, soit respectivement 27% et 2,4% de la charge journalière moyenne apportée au lac par la Deysse. Cette station pratique les traitements primaire et secondaire. Elle rejette des eaux complètement désoxygénées et chargées en matières organiques, qui en se décomposant, consomment l'oxygène de la rivière.

En fait, ces deux stations ne sont guère efficaces car les fertilisants ne peuvent être éliminés que par le traitement tertiaire, c'est à dire extraction des boues. Une solution pour éviter les rejets serait de raccorder St Félix et Albens au collecteur de rejet des eaux de Chambéry et Aix-les-Bains au Rhône. Il est envisagé également d'installer dans ces petites stations des systèmes de dégrillage permettant de séparer le phosphore des particules solides, qui elles, subiraient un traitement.

## 2 - Stations d'épuration d'Aix les Bains et Chambéry

Ces deux agglomérations disposent d'un réseau d'assainissement aboutissant à une station d'épuration. Le traitement des eaux est, dans chacune d'elles, limité au traitement secondaire. Les eaux traitées seront récupérées à la sortie de ces stations et rassemblées dans un collecteur les rejetant dans le Rhône, de l'autre côté de la montagne du Chat.

### B-SOLUTIONS POSSIBLES

#### 1 - Intervention sur le bassin versant

##### a) Planification de l'utilisation des engrais

L'usage intempestif d'engrais, dans des proportions inconsidérées et à des périodes peu propices, doit être évité. Ainsi il faut :

- choisir des périodes d'épandages en relation avec la période d'activité assimilatrice des végétaux afin que les éléments fertilisants soient utilisés par la plante et non lessivés dans le sol

- adapter la fumure aux différents sols.
- réduire la fertilisation minérale.

##### b) Cas particulier du sous-bassin du Sierroz

Nous avons vu précédemment que la charge spécifique du Sierroz est de 0,406 g/m<sup>2</sup>/an, or elle est trop importante compte-tenu de l'état de dégradation atteint par le lac et ne peut être tolérée. C'est sur ce bassin qu'il faut agir; plusieurs solutions sont envisageables.

- Détournement de la charge ponctuelle du sous-bassin de la Deysse sur le collecteur d'Aix - Chambéry. (fig.3)

Ceci permettrait un abatement de la pollution de 90%. En effet les sources ponctuelles de la Deysse (collectivités, industries, élevages) interviennent pour 72% dans la charge P soluble. Les effluents de St Félix et Albens représentent à eux seuls 32% de la pollution de la Deysse, soit 4 t/an de P soluble et 600 kg de P hydrolysable. Un détournement de cette charge ramène le flux du Sierroz à 13,5 t/an, soit une charge spécifique de 0,302 g/m<sup>2</sup>/an encore élevée mais malgré tout inférieure à la charge admissible. Si toute la charge ponctuelle est recueillie, en particulier celle venant des fruitières et élevages, il sera possible de réduire de 90% la pollution en P total, soit une charge spécifique tolérable de 0,040 g/m<sup>2</sup>/an.

Ainsi le détournement (ou l'élimination par une autre voie) de la pollution ponctuelle du Sierroz en général et de la Deysse en particulier est l'opération complémentaire au schéma général d'assainissement qu'il est prioritaire d'engager. Ce détournement peut être envisagé sous la forme d'un raccordement de l'effluent de St Félix-Albens au collecteur de rejet des eaux d'Aix-Chambéry, sur lequel seraient branchés les plus gros élevages et les industries agricoles. Le raccordement de tous les ménages, des fromageries, des porcheries, aux stations de St Félix - Albens serait inutile du fait de l'absence de traitement tertiaire.

##### - Intervention sur le lisier

Les fruitières traditionnelles ne sont pas équipées pour le traitement des effluents mais diverses solutions peuvent être apportées :

- épandage traditionnel du lisier brut : par enfouissement ou injection dans le sol ; stabilisation du lisier et désodorisation par lagunage aéré ; désodorisation du lisier par stabilisation thermophile.
- épuration par tamisage et lagunage ; rejet en rivière.
- épuration par tamisage et activation des boues, épandage des boues en excès ; rejet du liquide en rivière.

##### - Déshydratation du lactosérum

La transformation du lait en Emmental (fromage de 60 à 130 kg) s'accompagne de la formation de produits secondaires tel le lactosérum, utilisé avec des farines dans l'alimentation des porcs. Un litre de lait correspond à 0,6 - 0,9 l de sérum dans lequel se retrouvent toutes les protéines (8 à 10 g/l), sauf la caséine, et de l'azote non protéique (urée, acides aminés...). Une action au niveau du " maillon " lactosérum de la chaîne supprimerait l'élément " élevage de porcs " et réduirait de ce fait les nuisances.

Une solution existe dans la déshydratation de ce lactosérum. Mais pour qu'une unité de déshydratation soit rentable elle doit avoir une capacité minimum de 100 à 200 000 l par jour. Une possibilité subsiste dans le regroupement de tous les sérums dans une seule unité, après les avoir préconcentrés, ce qui nécessite une réfrigération des sérums à la sortie de l'écumeuse, un stockage à 6°, car la déshydratation ne peut avoir lieu dans de bonnes conditions qu'avec des sérums d'excellente qualité.

Le problème reste de savoir si les petites coopératives accepteraient et supporteraient les investissements imposés par cette solution. Le coût serait en effet élevé, les structures ne semblent pas très favorables à la déshydratation du sérum.

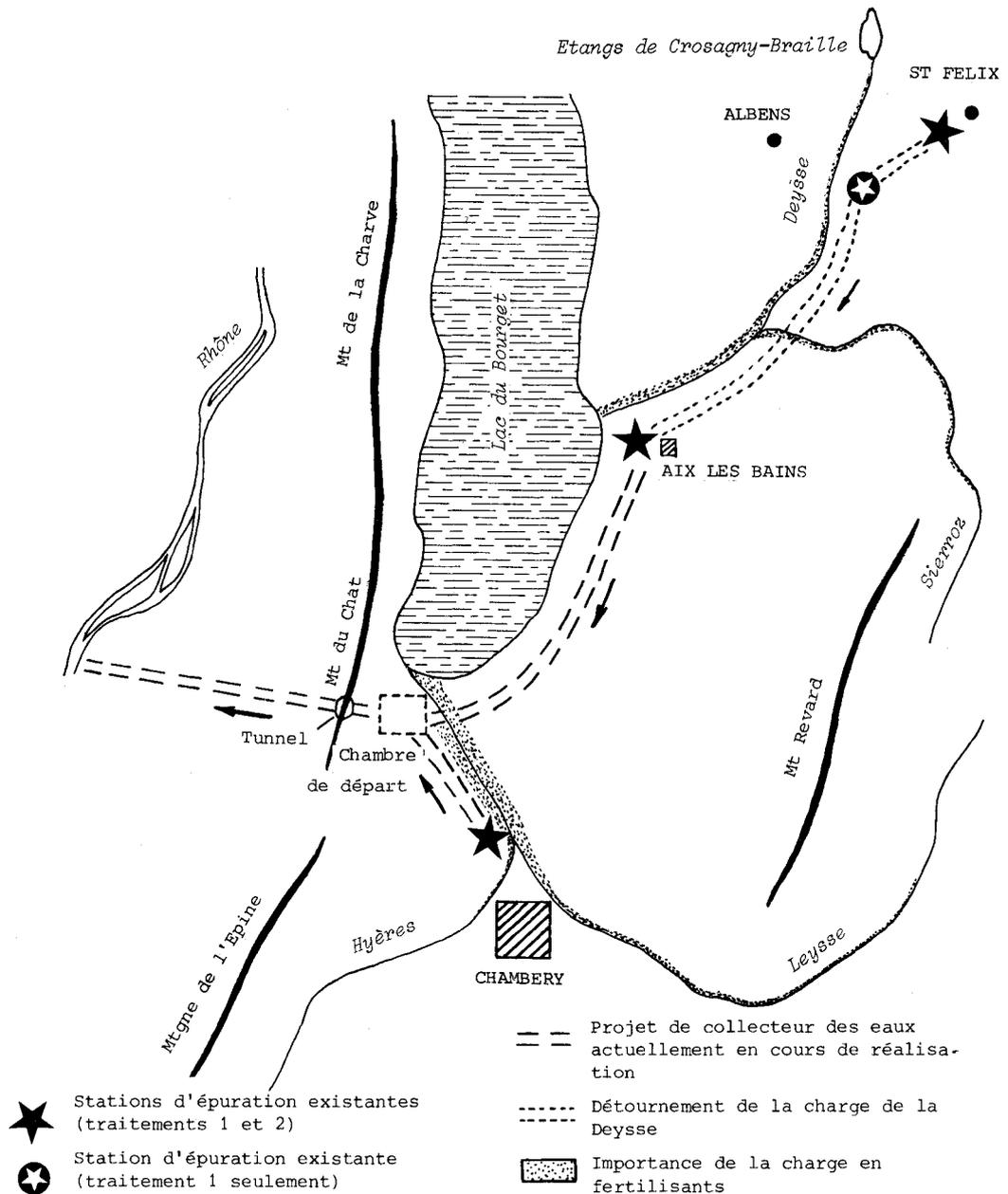


Fig.3 - Réalisations et projets en vue d'un assainissement

## 2 - Intervention sur le lac

### a) Collecteur d'effluents (fig.3)

Actuellement en cours cette construction est destinée à rassembler les eaux usées des agglomérations d'Aix-les-Bains et Chambéry et de les rejeter au Rhône après épuration par un tunnel sous la montagne du Chat. Une fois traitées les eaux sont amenées dans une chambre de départ située à l'extrémité Sud - Ouest du lac au moyen de 2 conduites :

- une de 1200 mm de diamètre, NS, amenant gravitairement les eaux de Chambéry et des agglomérations aval dans la chambre de départ.

- une autre de 600 mm de diamètre amenant les eaux d'Aix-les-Bains pompées à la sortie de la station.

La chambre de départ constitue l'ouvrage de tête du tunnel. Ce dernier a une longueur de 12,4 km et aboutit directement dans le Rhône. Il traverse des roches calcaires jurassiques et une molasse de bonne qualité. La cote de l'eau dans la chambre de départ est à 2 m sous le niveau moyen du lac, ce qui permettra d'amener par gravité un débit contrôlable des eaux de soutirage du fond du lac. Il est possible d'envisager ainsi une éventuelle évacuation sur le Rhône, en plus des effluents urbains et selon la hauteur d'eau dans le lac, un débit de 3 à 5 m<sup>3</sup>/s provenant des zones particulièrement polluées du fond du lac et d'assurer ainsi un renouvellement de sa capacité.

## b) Traitement local des effluents

Cette solution permet de limiter la demande en oxygène et la teneur en fertilisants. Le traitement doit-être poussé (tertiaire) de façon à abattre les charges telles que la DBO<sub>5</sub>, les fertilisants, les pollutions spécifiques comme les détergents, les huiles, les graisses, les pollutions bactériennes.

- les charges organiques seraient traitées par des installations à boues activées à faible nitrification.

- les fertilisants seraient extraits par voie chimique : les composés phosphorés sont précipités par la chaux et extraits de ceux de l'azote, les composés azotés sont récupérés par des procédés d'échanges d'ions, mais ce sont des procédés très élaborés et coûteux.

- les pollutions spécifiques seraient retenues sur du charbon actif.

- une stérilisation serait ensuite obtenue par chloration. Les boues seraient incinérées dans des installations distinctes et les cendres transportées hors du bassin versant du lac pour éviter tout risque de recyclage. Une station de traitement existerait en chaque point de regroupement des effluents, à Aix-les-Bains et Chambéry.

L'efficacité du dispositif est évaluée à 99% pour la DBO<sub>5</sub>, 95% pour le P, 75% pour le N et 98% pour les détergents. Les stations sont supposées dimensionnées pour faire face aux besoins de 1985. Les frais d'exploitation correspondant étaient évalués en 1973 à 0,36 F le m<sup>3</sup>, soit une dépense globale annuelle de 9,4 M actuellement à 13 M pour 1985.

En fait la solution rejet offre plus de garanties que celle du traitement local, car elle s'appuie sur des éléments technologiques très connus (canalisation, pompe...) contrairement aux techniques d'épuration qui peuvent ne plus s'accorder aux variations de la qualité des effluents. De plus, les éléments fertilisants secondaires ne sont pas éliminés au cours du traitement local et constituent, de ce fait, une menace.

## CONCLUSION

L'approche des problèmes de pollution engendrés par les activités agricoles du bassin versant du lac du Bourget s'est faite par 2 voies qui nous ont permis, par un travail de synthèse cartographique, de définir les zones polluantes et de proposer, pour chacune des sources de pollution, des moyens de lutte. (fig.4).

- L'analyse du milieu naturel et la représentation cartographique au 1/20 000 de l'occupation des sols ont permis tout d'abord de préciser qualitativement et quantitativement les sources de polluants.

- L'étude écologique abordée pour définir les relations facteurs du milieu et pollution a révélé que, malgré des sols essentiellement filtrants, les risques de lessivage, sur cette zone d'étude, sont limités, car la période de maximum des pluies ne correspond pas à la période d'épandage d'engrais.

A la suite de ce diagnostic écologique et afin d'avoir une représentation plus frappante des sources de pollution, nous avons réalisé un zonage de toute la région étudiée. Ce document établi au 1/50 000 définit, par des teintes variées, différents degrés de pollution et met de ce fait en évidence l'intérêt d'une intervention dans le cas du sous-bassin de la Deysse.

Diverses solutions peuvent être envisagées selon le cas.

1- Pollution diffuse due à la migration des engrais dans le sol et par suite dans la nappe phréatique. Difficile à évaluer avec précision elle peut toutefois être contrôlée en envisageant une planification de l'emploi des engrais. Les besoins réels des plantes doivent être définis pour établir les quantités nécessaires de fertilisants. Des excès d'épandage sont inutiles pour la production mais peuvent causer des dommages pour la nappe phréatique sous-jacente. D'autre part les périodes d'épandage doivent être choisies raisonnablement, à des moments où les éléments minéraux seront rapidement utilisés.

2- Pollution ponctuelle due à des sources localisées telles des fruitières, fromageries, agglomérations... qui accumulent leurs rejets dans les rivières. La sauvegarde du lac peut-être envisagée par une action sur chacune de ces sources de pollution. Ainsi nous pouvons éviter les rejets des fruitières en déshydratant le lactosérum ou en traitant le lisier. Pour les eaux usées des fromageries, grosses fermes, agglomérations, il est envisagé la création d'un collecteur. Cette construction recueillera les eaux usées de Chambéry et d'Aix-les-Bains mais aussi la charge de la Deysse. En effet les rejets des stations d'épuration de ce sous-bassin seront évacués par le collecteur principal et ceci permettra une réduction importante de la charge. Les eaux recueillies seront, une fois traitées, déviées sur le Rhône. Cette solution semble meilleure que celle d'un traitement local des effluents (traitement tertiaire) qui entrainerait des frais considérables et surtout n'assurerait pas une efficacité totale.

3- Pollution naturelle difficilement chiffrable car résultant de la fréquence d'azote et phosphore dans le sol et l'atmosphère, elle n'est pas contrôlable.



L'intervention de détournement de la charge du sous-bassin de la Deysse et de celle des grosses agglomérations devrait permettre d'améliorer considérablement la qualité des eaux du lac, d'autant que celui-ci possède de bonnes capacités de récupération.

- temps de séjour faible de l'eau compte tenue du volume du lac et des faibles capacités d'évacuation de son exutoire.

- une vitesse de sédimentation élevée avec la charge actuelle.

- des temps de récupération courts.

La charge ponctuelle éliminée il ne restera que la charge diffuse dès lors tolérable par le lac que l'on peut, de ce fait, espérer revoir tel que quelques années auparavant.

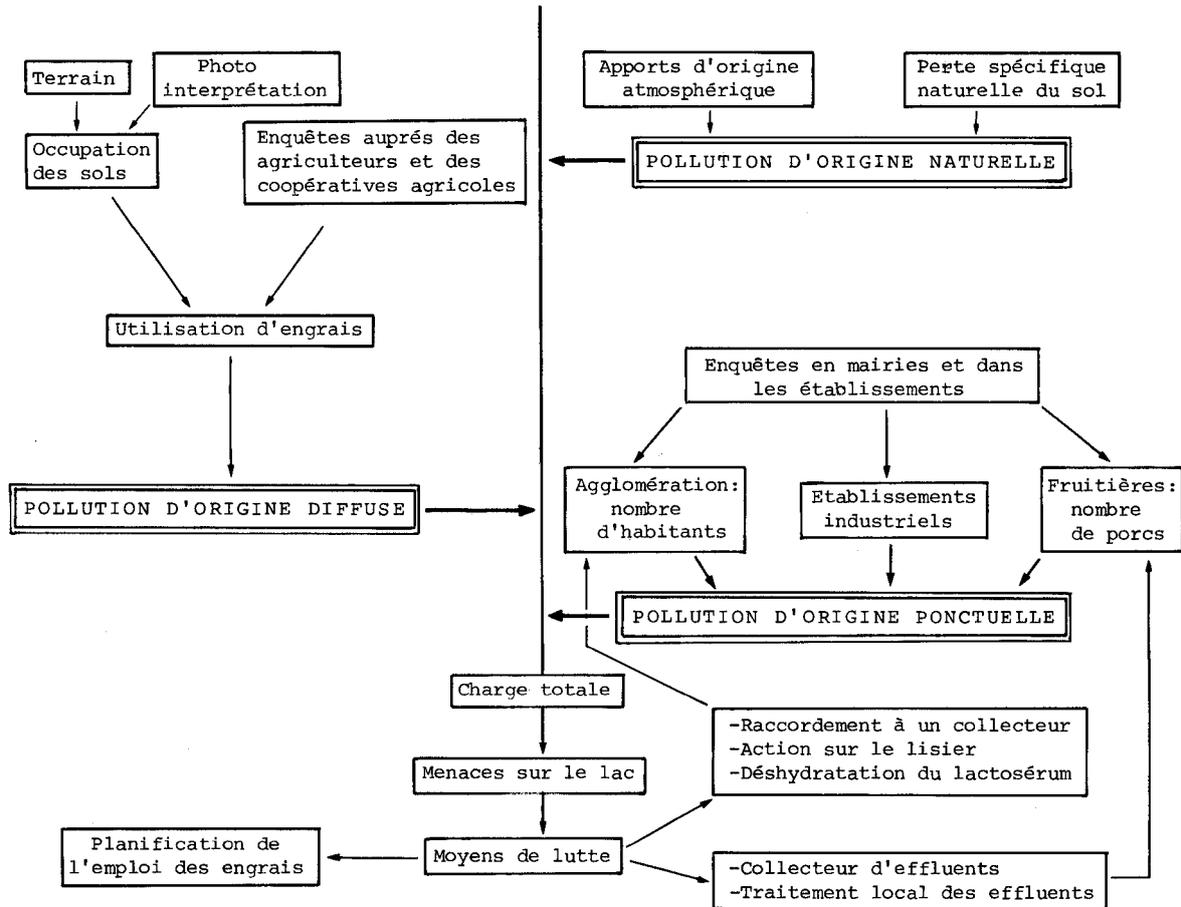


Fig. 4- LES POLLUTIONS: NATURE, APPROCHE, SOLUTIONS PROPOSÉES

## BIBLIOGRAPHIE

- AIN (G.) PAUTOU (G.) 1969. - Etude écologique du Marais de Lavours (Ain). - *Doc. carte Vég. Alpes VII*, 25-64, Tab., fig., 1 carte coul. h. texte.
- BALVAY (G.) LAURENT (P.) 1972. - Etude de la pollution du lac du Bourget à partir des recherches effectuées de Juillet 1969 à Octobre 1972 par la station d'hydrobiologie lacustre de l'INRA à Thonon. Rapport d'Activité 19 p. Thonon.
- BLAKE (G.) 1974. - *Contribution à l'étude du littoral du lac du Bourget*. Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle Centre Univ. de Savoie, Chambéry.
- BLANCHARD (R.) 1944. - *Les Alpes occidentales*. Tome I Les Pré-Alpes françaises du Nord, 148-197. - Arthaud, Grenoble.
- BLANCHARD (R.) 1947. - *Les Alpes occidentales*. Tome 2. Les cluses pré-Alpines et le sillon alpin, 140-168. - Arthaud, Grenoble.
- BOURSIN (G.) 1974. - Les structures de l'industrie laitière et la production porcine dans les deux Savoies. - D.D.A. de Savoie, 64p. dactyl.
- CTGREF 1975. - *Résultats des charges en fertilisants par sous-bassin (Leysse-Sierroz)*. - Lab. d'Aix-les-Bains.
- DOBREMEZ (J.F.) VARTANIAN (M.C.) 1974. - *Bioclimatologie des séries de végétation*. - *Doc. carte Vég. Alpes XIII*, 29-48, tab., fig.,
- DEMOLON (A.) 1956. - *Principes d'Agronomie*. Tome II. - Croissance des végétaux cultivés.
- DEMOLIS (M.T.) 1974. - L'Emmental Haut Savoyard. - *RGA Grenoble*, tome LXII, 3, 326-344.
- DEPORTES (J.P.) 1972. - *Problèmes économiques liés à l'assainissement du lac d'Annecy*. - *Stat. d'Hydrob. Lac de Thonon*, 62 p. dactyl.
- DUTRUJY, JOST. - *Protection du lac du Bourget contre l'eutrophisation*. DDE Chambéry.
- GANTER (J.) 1975. - *Procédé de traitement des eaux*. - (Extrait du "Guide de l'Eau" éd. 75-76 Bordeaux).
- GROS (A.) 1967. - *Engrais*. - Guide pratique de la fertilisation. La Maison rustique Paris.
- GUERIN (J.P.) 1972. - Les fruitières savoyardes (Savoie et Haute-Savoie) - *RGA Grenoble*, Tome LX, 3, 452-466.
- LAURENT (P.J.) 1970. - *Etude de la pollution du Lac du Bourget*, *Stat. d'hydrob. lac de Thonon* 15 p. tab.
- RICHARD (L.) 1971. - Feuille de Montmélian au 1/50 000. - *Doc. carte Vég. Alpes, IX*, 9-78.
- RICHARD (M.). - *Agriculture générale*. Techniques modernes vol. 2.
- TOURTET-VIGNY (F.) 1967. - *L'année 1966-67 dans le Val du Bourget*. - Etude climatologique. DES Inst. Géo. Alpine Grenoble.